

Biparameter MRI stepwise discriminant model for detecting clinically significant prostate cancer in transitional zone

ZHANG Shuanglin, CHEN Fangming*, GAO Qian

(Department of Radiology, Jiangnan University Medical Center, Wuxi 214002, China)

[Abstract] **Objective** To establish biparameter MRI stepwise discriminant models based on T2WI and diffusion-weighted imaging (DWI), and to observe their value for detecting clinically significant prostate cancer (CSPCa) in transitional zone. **Methods** Totally 224 patients with pathologically confirmed prostatic transitional zone lesions were retrospectively collected and divided into CSPCa group ($n=81$) and non-CSPCa group ($n=143$) according to pathological results and Gleason scores. Single factor and stepwise discriminant analysis were used to analyze T2WI and DWI manifestations of lesions in both groups, so as to screen the independent impact factors for distinguishing CSPCa from non-CSPCa. Discriminant functions models for CSPCa and non-CSPCa were established, respectively, and the diagnostic efficiency of models were verified using cross-verification method, while correct discriminant rate $\geq 80\%$ was considered as having differential diagnostic value. **Results** The maximum diameter, boundary, DWI signal of lesions, prostate capsule being complete or not, as well as the minimum apparent diffusion coefficient were all independent impact factors for distinguishing CSPCa from non-CSPCa, and the discriminant function models for CSPCa and non-CSPCa were established based on the above factors, respectively, with correct discrimination rates of discriminant function model for CSPCa and non-CSPCa of 90.11% and 88.81%, respectively, and the overall correct discrimination rate of 89.31%. **Conclusion** Biparameter MRI stepwise discriminant models could be used to detect CSPCa in transitional zone.

[Keywords] prostatic neoplasms; magnetic resonance imaging; diagnosis, differential

DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2024.12.018

双参数 MRI 逐步判别模型用于检出临床有意义前列腺移行带癌

章双林, 陈昉铭*, 高 茜

(江南大学附属中心医院影像科, 江苏 无锡 214002)

[摘要] **目的** 基于 T2WI 及弥散加权成像 (DWI) 建立双参数 MRI 逐步判别模型, 观察其检出移行带临床有意义前列腺癌 (CSPCa) 的价值。 **方法** 回顾性收集经病理证实的 224 例前列腺移行带病变患者, 根据病理结果及 Gleason 评分分为 CSPCa 组 ($n=81$) 及非 CSPCa 组 ($n=143$)。采用单因素及逐步判别分析方法分析 2 组病变 T2WI 及 DWI 表现, 筛选 CSPCa 与非 CSPCa 的独立影响因素, 并分别建立 CSPCa 及非 CSPCa 的判别函数模型; 采用交互验证法验证判别函数模型诊断效能, 以正确判别率 $\geq 80\%$ 为具有鉴别诊断价值。 **结果** 病灶最大径、边界、DWI 信号、前列腺包膜完整与否及表观弥散系数最小值均为 CSPCa 与非 CSPCa 的独立影响因素, 以之分别建立的 CSPCa 及非 CSPCa 判别函数模型对 CSPCa 与非 CSPCa 的正确判别率分别为 90.11% 及 88.81%, 整体正确判别率为 89.31%。 **结论** 双参数 MRI 逐步判别模型可用于检出前列腺移行带癌。

[第一作者] 章双林 (1991—), 男, 安徽铜陵人, 硕士, 主治医师。研究方向: 泌尿生殖系统影像学。E-mail: 1538305611@qq.com

[通信作者] 陈昉铭, 江南大学附属中心医院影像科, 214002。E-mail: fmchencoil@126.com

[收稿日期] 2024-06-08 **[修回日期]** 2024-08-31

[关键词] 前列腺肿瘤; 磁共振成像; 诊断, 鉴别

[中图分类号] R737.25; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2024)12-1889-05

前列腺癌(prostate cancer, PCa)是男性泌尿系统最常见的恶性肿瘤之一^[1]。PCa 主要发生于外周带, 25%~30%见于移行带; 而移行带组成成分复杂, 亦是前列腺增生和急、慢性前列腺炎等非癌性病变的好发部位。临床有意义 PCa (clinically significant PCa, CSPCa)指 Gleason 评分(Gleason score, GS) ≥ 7 (3+4 分或 4+3 分)或体积 ≥ 0.5 ml, 或累及前列腺包膜外组织^[2]; 非 CSPCa 则包括良性病变(前列腺增生及急、慢性前列腺炎)及无临床意义 PCa(GS < 7)。移行带 CSPCa 因体积较小、T2WI 及弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)显示不明显, 或隐匿于急、慢性前列腺炎背景下而易被漏、误诊^[3]。双参数 MRI(biparametric MRI, BP-MRI)与多参数 MRI 诊断 CSPCa 的效能相当^[4]; 逐步判别分析通过逐步选择变量而建立判别函数, 可提高分类准确性^[5]。本研究基于 T2WI 及 DWI 建立 BP-MRI 逐步判别分析模型, 观察其检出移行带 CSPCa 的价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性收集 2019 年 8 月—2023 年 12 月江南大学附属中心医院 224 例经活检或术后病理证实的前列腺移行带病变患者, 均为男性, 根据病理结果及 GS 分为 CSPCa 组($n=81$)与非 CSPCa 组($n=143$)。CSPCa 组年龄 46~93 岁、平均(73.2 \pm 7.8)岁, PSA 为 25.380(8.530, 69.270)ng/ml; 其中 18 例 GS 3+4 分、3 例 3+5 分、11 例 4+3 分、15 例 4+4 分、21 例 4+5 分、10 例 5+4 分、3 例 5+5 分。非 CSPCa 组年龄 35~88 岁、平均(68.2 \pm 7.9)岁; PSA 为 9.080(5.665, 14.830)ng/ml; 其中 35 例前列腺增生、90 例前列腺增生伴炎症, 18 例无临床意义 PCa (GS 3+3 分)。纳入标准: ①病变 70%以上位于移行带且体积 ≥ 0.5 cm³; ②MR 检查前未接受手术、放射、化学及生物治疗等。排除标准: ①临床或病理资料不完整; ②图像质量不符合诊断要求。本研究经院伦理委员会批准[(2024)伦理审查第(2024XY-10)号]; 检查前患者均知情同意。

1.2 仪器与方法 嘱患者检查前适当饮水以保持膀胱充盈, 扫描前对患者进行呼吸训练。采用 Siemens Magnetom Skyra 3.0T MR 仪扫描盆腔圈, 范围自耻骨联合下缘至髂嵴水平, 选用 32 通道体部相控阵线, 采集常规轴位 T1WI 及 DWI, 轴位、矢状位及冠状位

T2WI 等。扫描参数: T2WI, TR 3 550~4 400 ms, TE 96~117 ms, FOV 100 mm \times 100 mm, 矩阵 320 \times 320 或 640 \times 640, 层厚 3.0~3.5 mm, 层间距 3.6~4.2 mm, NSA 2, FA 160 $^{\circ}$; DWI, TR 6 570 ms, TE 88 ms, FOV 69.79 mm \times 69.79 mm, 矩阵 134 \times 192, 层厚 3.5 mm, 层间距 4.55 mm, FA 180 $^{\circ}$, b 值 0、1 000 s/mm²。

1.3 图像分析 由具有 15 年以上前列腺 MRI 诊断经验的副主任及主任医师各 1 名以双盲法阅片, 意见分歧时经协商达成一致。基于 T2WI 及 DWI 观察病灶 MRI 表现, 存在多发病灶时以体积最大者为靶病灶, 观察以下参数: ①于 T2WI 显示病灶最大层面测量其最大径; ②将病灶形态分为类圆形、不规则形或凸透镜状; ③边界清晰与否; ④信号是否均匀; ⑤病灶 T2WI 及 DWI 信号强度, 与周围非瘤前列腺组织相比分为低信号、稍低信号、等信号、稍高信号及高信号; ⑥病灶包膜是否完整; ⑦前列腺包膜是否完整; ⑧移行带患侧体积有无增大, 与外周带分界是否清晰。将软件自动生成的表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图导入 Image J 软件, 由分别具有 10 及 20 年工作经验的影像科医师各 1 名参考 DWI 及 T2WI 于显示病灶最大层面避开出血、钙化及坏死囊变区手动放置面积 20~40 mm² 圆形 ROI, 使其位置与活检部位对应, 软件自动生成平均 ADC 值(mean ADC, ADC_{mean})、最小 ADC 值(minimum ADC, ADC_{min})及最大 ADC 值(maximum ADC, ADC_{max})^[6], 重复测量 3 次并取 2 名医师测量结果的平均值进行分析。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 26.0 统计分析软件。以 $\bar{x}\pm s$ 表示正态分布计量资料, 行独立样本 t 检验; 以中位数(上下四分位数)描述偏态分布计量资料, 行 Mann-Whitney U 检验。采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法比较计数资料。针对单因素分析有统计学意义的 MRI 参数, 采用逐步判别分析法筛选 CSPCa 与非 CSPCa 的影响因素, 并以线性回归分析判断其共线性; 之后依据 Fisher 准则分别建立 CSPCa 及非 CSPCa 的判别函数, 以交叉验证法评估判别函数的鉴别诊断效能, 以及判别 CSPCa 及非 CSPCa 的整体效能, 以正确判别率 $\geq 80\%$ 为具有鉴别诊断价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

CSPCa 组年龄大于非 CSPCa 组 ($t = 4.659, P < 0.001$)。

2.1 MRI 表现 组间病灶 T2WI 信号强度及移行带患侧体积差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05), 其余病灶 MRI 参数差异均有统计学意义 (P 均 < 0.05)。见表 1 及图 1、2。

2.2 逐步判别分析 以病灶最大径、形状(类圆形、不规则形、凸透镜状分别为 0、1、2)、边界(不清为 0, 清晰为 1)、信号是否均匀(不均均为 0, 均匀为 1)、DWI 信号(稍高信号为 0, 高信号为 1)、病灶包膜完整与否(中断或缺失为 0, 完整为 1)、前列腺包膜是否完整(中断或缺失为 0, 完整为 1)、移行带患侧与外周带分界是否清晰(不清为 0, 清晰为 1), 以及 ADC_{mean} 、 ADC_{min} 及 ADC_{max}

表 1 比较 CSPCa 与非 CSPCa MRI 表现

组别	最大径 (mm)	形状(例)			边界(例)		信号均匀(例)		T2WI 信号(例)		DWI 信号(例)		病灶包膜(例)	
		类圆形	不规则形	凸透镜状	不清	清	否	是	稍低	低	稍高	高	中断或缺失	完整
CSPCa 组($n=81$)	13.30(8.40, 19.30)	10	27	44	78	3	60	21	38	43	18	63	80	1
非 CSPCa 组 ($n=143$)	9.00(7.00, 12.30)	87	21	35	87	56	76	67	71	72	122	21	85	58
Z/ χ^2 值	4.542	49.533			33.512		9.497		0.167		87.821		41.223	
P 值	< 0.001	< 0.001			< 0.001		0.002		0.694		< 0.001		< 0.001	

组别	前列腺包膜(例)		移行带患侧体积增大(例)		移行带患侧与外周带分界(例)		ADC_{mean}	ADC_{min}	ADC_{max}
	中断或缺失	完整	否	是	不清	清	($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)
CSPCa 组($n=81$)	63	18	24	57	43	38	0.75(0.61, 0.87)	0.65(0.53, 0.78)	0.84(0.70, 0.99)
非 CSPCa 组 ($n=143$)	15	128	58	85	20	123	0.91(0.78, 1.03)	0.85(0.73, 0.96)	0.97(0.79, 1.13)
Z/ χ^2 值	103.162		2.661		39.114		-5.522	-6.761	-3.873
P 值	< 0.001		0.103		< 0.001		< 0.001	< 0.001	< 0.001

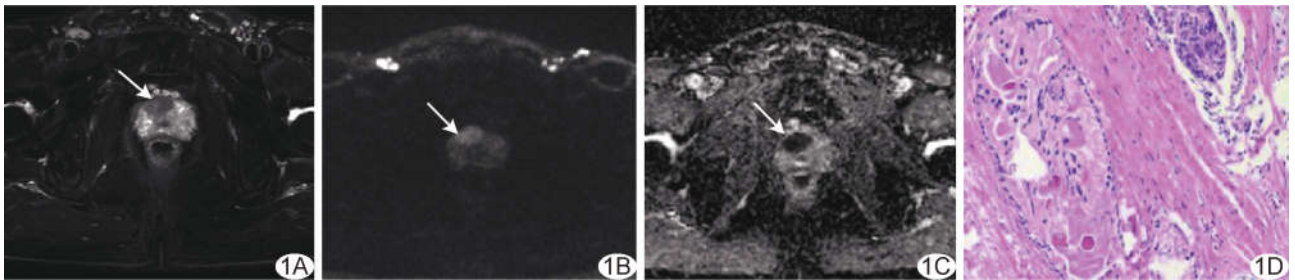


图 1 患者男, 61 岁, 前列腺移行带右侧 PCa A~C. 盆腔轴位脂肪抑制 T2WI(A) 示前列腺移行带右侧凸透镜状低信号灶, DWI(B) 呈高信号、ADC 图(C) 呈低信号; D. 术后病理图(HE, $\times 100$) 示 PCa(GS 3+4 分, ISUP 分级为 2 级) (箭示病灶)

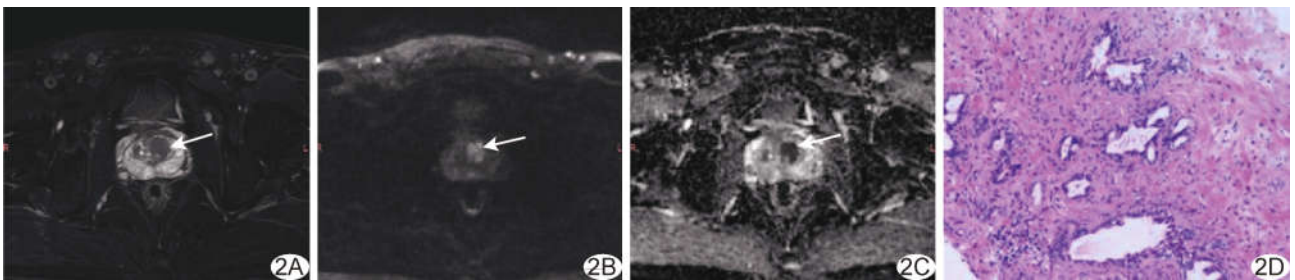


图 2 患者男, 52 岁, 前列腺移行带左侧增生 A~C. 盆腔轴位脂肪抑制 T2WI(A) 示前列腺移行带左侧不规则形低信号灶, DWI(B) 呈高信号、ADC 图(C) 呈低信号; D. 活检病理图(HE $\times 100$) 示前列腺增生伴慢性炎症 (箭示病灶)

依次为自变量 X1~X11,并对其中的分类变量进行赋值,以是否 CSPCa 为因变量 Y(CSPCa=1,非 CSPCa=0)行逐步判别分析,结果显示病灶最大径(X1)、边界(X3)、DWI 信号(X5)、前列腺包膜是否完整(X7)及 ADC_{min}(X10)均为 CSPCa 与非 CSPCa 的独立影响因素(标准化典型判别函数系数=-0.220、0.291、-0.503、0.661、0.173, P 均<0.001);各变量容忍度均>0.1,方差膨胀因子均<5,即不存在多重共线性;以之构建的判别模型有统计学意义($\chi^2=231.713, P<0.001$)。所获 CSPCa 判别函数模型为 $Y1 = -15.145 + 0.049X1 - 0.417X3 + 5.105X5 + 0.674X7 + 14.699X10$;非 CSPCa 的判别函数模型为 $Y0 = -17.539 + 0.319X1 + 1.671X3 + 1.257X5 + 5.969X7 + 17.587X10$ 。

交互验证法结果显示,判别函数模型对 CSPCa 的正确判别率和误判率分别为 90.11% 和 9.89%,对非 CSPCa 的正确判别率和误判率分别为 88.81% 和 11.19%,整体正确判别率及误判率分别为 89.31% 及 10.69%。

3 讨论

T2W 为评估前列腺移行带病变的主要序列^[7]。T2WI 中,PCa 主要表现为凸镜状、无包膜、边界模糊的均匀低信号,前列腺增生主要表现为类圆形、有包膜、边界清晰的高、低或混杂信号^[8]。既往研究^[8]表明,T2WI 用于诊断前列腺移行带癌的敏感度、特异度及 AUC 值均高于 DWI 及动态增强 MRI。

DWI 可反映组织微观结构及灌注^[9],并通过 ADC 值定量反映组织弥散运动。MANETTA 等^[10]指出,高 b 值($b>2000 \text{ s/mm}^2$)DWI 能抑制前列腺增生病灶信号,可更清晰地显示 PCa,并有利于评估 PCa 侵袭性。既往 3.0T MRI 相关研究^[11]多以 b 值为 1500 s/mm^2 采集前列腺 DWI,虽可有效抑制背景信号、提高病变对比度,但可能降低图像信噪比;以较低 b 值采集 DWI 则可能无法充分抑制背景信号而致 ADC 值偏高,但所获图像信噪比更高,有助于观察前列腺病灶,且采集时间较短,可减少运动伪影,提高图像可重复性。ADC_{mean} 值反映病灶水分子扩散受限的平均程度;ADC_{min} 则代表病灶中水分子扩散受限最明显区域,即肿瘤细胞分布最密集区域;ADC_{max} 反映组织中水分子扩散受限最不明显区域,即肿瘤细胞分布最疏松区域^[12]。张苏波等^[13]指出,ADC_{min} 所在区域是前列腺癌细胞最密集、最旺盛区域,为穿刺活检最佳部位。

张永胜等^[14]认为 T2WI 所示病灶形状、移行带患

侧与外周带分界是否清晰及前列腺包膜完整与否有助于诊断移行带 PCa;KRISHNA 等^[15]提出 T2WI 所示病灶形状、边界及 T2WI 低信号环可用于鉴别移行带 PCa 与前列腺增生。本研究基于 T2WI 及 DWI 分析发现组间病灶最大径、形状、边界、信号均匀与否、DWI 信号、病灶包膜及前列腺包膜是否完整、移行带患侧与外周带分界清晰与否,以及 ADC_{mean}、ADC_{min} 和 ADC_{max} 差异均有统计学意义;逐步判别分析结果显示病灶最大径、边界、DWI 信号、前列腺包膜是否完整及 ADC_{min} 均为鉴别 CSPCa 与非 CSPCa 的独立影响因素,推测可能原因在于相比非 CSPCa,CSPCa 肿瘤细胞排列更密集、细胞核异型性更明显、细胞增殖能力更强^[16]致其水分子弥散受限更显著且 ADC_{min} 更低。本研究获判别函数对 CSPCa 及非 CSPCa 的正确判别率分别为 90.11% 及 88.81%,对二者整体正确判别率为 89.31%,表明模型稳定、可靠且有效。

综上,BP-MRI 逐步判别分析模型可用于检出移行带 CSPCa。但本研究为单中心、回顾性观察,部分病例缺乏手术病理结果,可能影响分组结果,有待后续通过多中心、前瞻性研究进一步分析。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:章双林查阅文献、研究设计和实施、统计分析、撰写文章;陈昉铭指导、修改和审阅文章;高茜图像处理和分析、数据分析。

[参考文献]

- [1] 胡春洪,王良.重视影像人工智能在前列腺癌中的临床应用研究[J].中华放射学杂志,2023,57(11):1153-1155.
- [2] 戴志军,陈晓华,陈大治,等.PI-RADS v2.1 联合 PSAD 对前列腺显著癌的诊断价值[J].中国医学计算机成像杂志,2024,30(1):75-79.
- [3] 刘娜,王聪,李玉泽,等.MRI 多 b 值 DWI 联合血清 PSA 相关参数对 PSA 灰区移行区前列腺癌的诊断效能[J].中国医科大学学报,2023,52(8):699-705.
- [4] 张浙,李陇超,张鑫,等.双参数 MRI 纹理分析鉴别诊断移行区前列腺癌及增生结节的价值[J].医学影像学杂志,2020,30(2):273-276.
- [5] SMITH G. Step away from stepwise[J]. J Big Data, 2018,5:32.
- [6] 章双林,陈昉铭,张雷.双参数 MRI 的逐步判别模型对外周带有临床意义前列腺癌的鉴别诊断价值[J].实用放射学杂志,2022,38(5):795-800.
- [7] DHULAIMI M A, ALDARMASI M A, ALMASRI A G, et al. 3T multiparametric MRI's accuracy in detecting prostate cancer using Prostate Imaging Reporting and Data System (PIRADS) version 2.1 with prostate biopsy as a reference[J]. Egypt J Radiol

- Nuc M, 2024, 55(1):1-6.
- [8] 彭峰河, 沈秀芝, 蔡建新, 等. 基于 PI-RADS V2 多参数 MRI 对移行带前列腺癌的诊断价值[J]. 磁共振成像, 2018, 9(12):922-927.
- [9] 李寅乔, 张娟, 贾宁阳. 基于扩散加权成像的影像组学模型鉴别小肝癌与异型增生结节[J]. 实用放射学杂志, 2024, 40(1):60-63.
- [10] MANETTA R, PALUMBO P, GIANNERAMO C, et al. Correlation between ADC values and Gleason score in evaluation of prostate cancer: Multicentre experience and review of the literature[J]. Gland Surg, 2019, 8(Suppl 3):S216-S222.
- [11] 闫旭, 马柯, 王玉婷, 等. 表观扩散系数在预测低中危前列腺癌 Gleason 分级中的价值[J]. 东南大学学报(医学版), 2024, 43(2):183-190.
- [12] 方磊, 方慧, 金利, 等. ADC 最小值对外周带早期前列腺癌与慢性前列腺炎的鉴别诊断价值[J]. 磁共振成像, 2023, 14(7):93-97.
- [13] 张苏波, 徐永军, 刘静芳, 等. 表观扩散系数鉴别低及中高级别前列腺癌的应用价值[J]. 国际医药卫生导报, 2022, 28(4):492-496.
- [14] 张永胜, 杨欢, 崔凤, 等. 前列腺移行区癌 T2WI 影像特征的多因素分析[J]. 临床放射学杂志, 2017, 36(11):1671-1674.
- [15] KRISHNA S, SCHIEDA N, MCINNES M D, et al. Diagnosis of transition zone prostate cancer using T2-weighted (T2W) MRI: Comparison of subjective features and quantitative shape analysis[J]. Eur Radiol, 2019, 29(3):1133-1143.
- [16] 陈峻帆, 杨静, 黄豆豆, 等. 体素内不相干运动模型鉴别诊断移行带前列腺癌与基质型前列腺增生[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(10):1534-1539.

中国学术期刊影响因子年报(2024 版) ——《中国医学影像技术》

“中国学术期刊影响因子年报(2024 版)”于 2024 年 10 月由中国科学文献计量评价研究中心发布。《中国医学影像技术》杂志在复合类的相关数据为:

- 1 影响力指数(CI 值): **274.509**;
- 2 总被引: **4405**;
- 3 影响因子: **1.088**;
- 4 他引总引比: **0.89**;
- 5 基金论文比: **0.5**;
- 6 WEB 即年下载率: **115**。